

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-103772

(43)Date of publication of application : 13.04.2001

(51)Int.Cl.

H02N 2/00

(21)Application number : 11-280180

(71)Applicant : MINOLTA CO LTD

(22)Date of filing : 30.09.1999

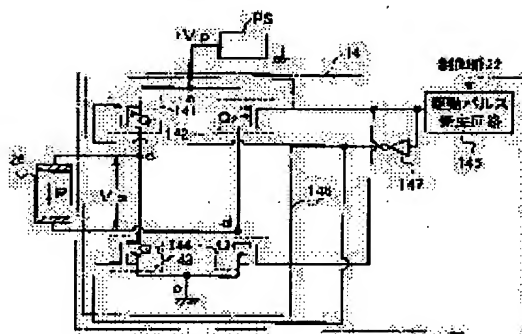
(72)Inventor : OKADA HIROYUKI

(54) PIEZOELECTRIC ACTUATOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make it possible to achieve miniaturization and to smoothly adjust the transfer speed of driven members.

SOLUTION: This piezoelectric actuator is provided with a first drive circuit comprising a first switch circuit 141 and a fourth switch circuit 144 that impress a voltage to a piezoelectric member 26 in the same direction as the polarization direction to charge or discharge it, a second drive circuit comprising a second switch circuit 142 and a third switch circuit 143 that impress a voltage to the member 26 in the reverse direction to the polarization direction to charge or discharge it in roughly the same speed as the charging or discharging speed by the first driving means, a setting changing means that changes the setting of the driving time by the first drive circuit so as to make the driving cycle constant, and a drive controlling means that drive the first and second driving means alternately.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-103772

(P2001-103772A)

(43)公開日 平成13年4月13日(2001.4.13)

(51)Int. Cl.⁷

H02N 2/00

識別記号

FI

H02N 2/00

テーム(参考)

C 5H680

審査請求 未請求 請求項の数7

OL

(全17頁)

(21)出願番号 特願平11-280180

(22)出願日 平成11年9月30日(1999.9.30)

(71)出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル

(72)発明者 岡田 浩幸

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪

国際ビル ミノルタ株式会社内

(74)代理人 100067828

弁理士 小谷 悦司 (外2名)

Fターム(参考) 5H680 AA00 AA04 AA06 AA08 AA19

BB13 BC01 BC10 DD01 DD23

DD27 DD37 DD53 DD67 DD72

DD73 DD83 DD95 EE22 FF03

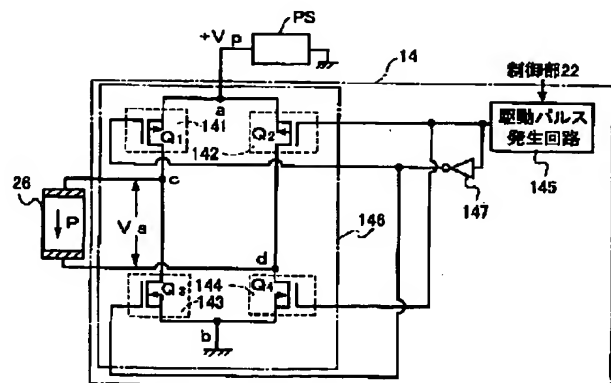
FF23 FF31 FF38 GG19 GG41

(54)【発明の名称】 圧電アクチュエータ

(57)【要約】

【課題】 小型化が可能で被駆動部材の移動速度を円滑に調節することができるようにする。

【解決手段】 圧電部材26に分極方向と同方向の電圧を印加して充放電する第1スイッチ回路141及び第4スイッチ回路144からなる第1の駆動回路と、圧電部材26に分極方向と逆方向の電圧を印加して圧電部材に対し第1の駆動手段による充放電速度と略同一の速度で充放電する第2スイッチ回路142及び第3スイッチ回路143からなる第2の駆動回路と、駆動周期が一定になるように第1の駆動回路による駆動時間を設定変更する設定変更手段と、第1の駆動手段と第2の駆動手段とを交互に駆動する駆動制御手段とを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧電体と、該圧電体の分極方向の一方端に固定された駆動部材と、前記圧電体の他方端に固定された支持部材と、前記駆動部材に所定の摩擦力で係合されて前記分極方向に移動可能にされた被駆動部材と、前記圧電体に分極方向と同方向の電圧を印加して充放電する第1の駆動手段と、前記圧電体に分極方向と逆方向の電圧を印加して該圧電体に対し前記第1の駆動手段による充放電速度と略同一の速度で充放電する第2の駆動手段と、前記駆動部材の駆動時間であって前記第1の駆動手段による第1の駆動時間及び前記第2の駆動手段による第2の駆動時間の少なくとも一方を設定変更する設定変更手段と、前記第1の駆動手段と第2の駆動手段とを交互に駆動する駆動制御手段とを備えたことを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項2】 前記第1の駆動手段は、前記圧電体の分極方向と逆方向に蓄積された電荷を放電すると共に、前記圧電体を分極方向と同方向に充電する第1の充放電回路からなり、前記第2の駆動手段は、前記圧電体の分極方向と同方向に蓄積された電荷を放電すると共に、前記圧電体を分極方向と逆方向に充電する第2の充放電回路からなることを特徴とする請求項1記載の圧電アクチュエータ。

【請求項3】 前記第1の充放電回路は、一方端が電源に接続され、他方端が前記圧電体の一方端に接続されてなる第1のスイッチ手段と、一方端が前記圧電体の他方端に接続され、他方端が接地されてなる第2のスイッチ手段とを備え、前記第2の充放電回路は、一方端が前記電源に接続され、他方端が前記圧電体の他方端に接続されてなる第3のスイッチ手段と、一方端が前記圧電体の一方端に接続され、他方端が接地されてなる第4のスイッチ手段とを備えたことを特徴とする請求項2記載の圧電アクチュエータ。

【請求項4】 前記第1の駆動手段は、前記圧電体を分極方向と同方向に充電する充電回路からなり、前記第2の駆動手段は、前記圧電体に蓄積された電荷を放電する放電回路からなることを特徴とする請求項1記載の圧電アクチュエータ。

【請求項5】 前記充電回路は、一方端が電源に接続され、他方端が前記圧電体の一方端に接続されてなる第1のスイッチ手段を備え、前記放電回路は、一方端が前記圧電体の一方端に接続され、他方端が接地されてなる第2のスイッチ手段を備えたことを特徴とする請求項4記載の圧電アクチュエータ。

【請求項6】 前記設定変更手段は、駆動周期が一定となるように前記第1の駆動時間及び第2の駆動時間を変更するものであることを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の圧電アクチュエータ。

【請求項7】 前記設定変更手段は、前記第1の駆動時間又は第2の駆動時間を変更することにより駆動周期を

変更するものであることを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の圧電アクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、圧電アクチュエータに関し、特にXY移動ステージ、カメラの撮影レンズ、オーバヘッドプロジェクタの投影レンズ、双眼鏡のレンズ等の駆動に適した圧電アクチュエータに関する。

【0002】

【従来の技術】従来、被駆動部材を棒状の駆動部材に摩擦結合させて取り付けると共に、この駆動部材の一方端に圧電素子を固着してなるインパクト形の圧電アクチュエータが知られている。例えば、特開平7-298656号公報には、カメラの撮影レンズのアクチュエータとしてインパクト形の圧電アクチュエータを適用したものが示されている。図20は、同公報に示されるインパクト形の圧電アクチュエータの概略構成を示す図である。

【0003】図20において、インパクト形の圧電アクチュエータ100は、棒状の駆動部材101と、被駆動部材102と、積層型圧電素子103と、駆動回路104とを備えている。被駆動部材102は、撮影レンズ等の駆動対象物が固着されるもので、駆動部材101に所定の摩擦力で係合され、この摩擦力以上の力が作用すると、駆動部材101上を軸方向に沿って移動可能となっている。また、積層型圧電素子103は、駆動部材101の一方端に分極方向を駆動部材101の軸方向と一致させて固着され、一方端に形成された電極103aが駆動回路104に接続され、他方端に形成された電極103bが接地されている。

【0004】駆動回路104は、被駆動部材102を駆動部材101の先端側（開放端側）に移動（以下、この移動方向を正方向という。）させる正方向駆動回路105と、被駆動部材102を駆動部材101の基端側（圧電素子側）に移動（以下、この移動方向を逆方向という。）させる逆方向駆動回路106と、両駆動回路105、106の駆動を制御する制御回路107とで構成されている。

【0005】このように構成された圧電アクチュエータ100は、駆動部材101を軸方向に沿って異なる速度で移動させた際の駆動部材101と被駆動部材102との間に発生する摩擦力の相違を利用して被駆動部材102を駆動部材101に対して相対的に移動させるようにしたものである。すなわち、被駆動部材102と駆動部材101との間の摩擦力は、駆動部材101が高速で移動するときは小さくなり、低速で移動するときは大きくなる。このため、駆動部材101の正方向移動時は低速で行い、逆方向移動時は高速で行うことにより被駆動部材102を駆動部材101に対して正方向に移動させ（正方向駆動）、駆動部材101の正方向移動時は高速で行い、逆方向移動時は低速で行うことにより被駆動部

材102を駆動部材101に対して逆方向に移動させるようにしたものである(逆方向駆動)。

【0006】従って、正方向駆動回路105は低速充電回路105aと高速放電回路105bとから構成され、逆方向駆動回路106は高速充電回路106aと低速放電回路106bとから構成されている。低速充電回路105a及び高速充電回路106aは、圧電素子103に分極方向と同方向の電源電圧 V_p を印加し(圧電素子103を分極方向に充電して)、圧電素子103を分極方向(駆動部材101の軸方向)に伸長させる回路である。

【0007】この低速充電回路105aは、図21に示すように、 pnp 形トランジスタ Tr_1 の固定バイアス回路にツェナーダイオード ZD を並列接続してなる定電流充電回路により構成されている。同図において、抵抗 r_1 、 r_2 はトランジスタ Tr_1 のバイアス抵抗であり、ツェナーダイオード ZD はベースのバイアス抵抗 r_2 に並列に接続されている。すなわち、ツェナーダイオード ZD によってトランジスタ Tr_1 のベース電圧を一定値に保持することで抵抗 r_1 の電圧降下を所定の値に安定化し、これによりコレクタ電流が所定値に抑制されるようになっている。この結果、充電電流が制限されて充電速度が抑制され、駆動部材101の正方向移動時の速度が抑制される。

【0008】また、低速充電回路105aは、図22に示すように、図21における抵抗 r_2 とツェナーダイオード ZD との並列回路を npn 形トランジスタ Tr_2 に置き換えて構成したものでよい。同図において、トランジスタ Tr_2 のベースとコレクタとはそれぞれトランジスタ Tr_1 のエミッタとベースとに接続され、トランジスタ Tr_2 のエミッタは電源 V_p に接続されている。すなわち、トランジスタ Tr_2 によってトランジスタ Tr_1 のベース電圧を一定値に保持することで抵抗 r_1 の電圧降下を所定の値に安定化し、これによりコレクタ電流が所定値に抑制される。

【0009】また、高速放電回路105b及び低速放電回路106bは、圧電素子103に分極方向と逆方向の電位を与えて(図では電極103aを接地して)、充電電荷を放電させることで伸長した圧電素子103を縮小させる回路である。

【0010】この低速放電回路106bは、図23に示すように、 npn 形トランジスタ Tr_3 のベースとアース間にツェナーダイオード ZD を接続してなる定電流放電回路により構成されている。同図において、抵抗 r_4 は放電電流を制限する抵抗であり、ツェナーダイオード ZD によってトランジスタ Tr_3 のベース電位を所定の値に保持することで抵抗 r_4 の電圧降下を所定の値に安定化し、これにより抵抗 r_4 を流れるエミッタ電流(放電電流)が所定の値に抑制されるようになっている。この結果、放電電流が制限されて放電速度が抑制され、駆

動部材101の逆方向移動時の速度が抑制される。

【0011】制御回路107は、正方向駆動回路105及び逆方向駆動回路106の駆動を制御するもので、正方向駆動において、低速充電回路105aと高速放電回路105bとを交互に駆動する一方、逆方向駆動において、高速充電回路106aと低速放電回路106bとを交互に駆動するものである。

【0012】正方向駆動において、低速充電回路105aと高速放電回路105bとを交互に駆動すると、圧電素子103が低速伸長と高速縮小とを交互に繰り返し、これにより駆動部材101が正方向の低速移動と逆方向の高速移動とを繰り返す。一方、逆方向駆動において、高速充電回路106aと低速放電回路106bとを交互に駆動すると、圧電素子103が高速伸長と低速縮小とを交互に繰り返し、これにより駆動部材101が正方向の高速移動と逆方向の低速移動とを繰り返す。従って、正方向駆動においては被駆動部材102が駆動部材101に対して相対的に正方向に移動し、逆方向駆動においては被駆動部材102が駆動部材101に対して相対的に逆方向に移動する。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】ところで、カメラの撮影レンズや双眼鏡のレンズ等の携帯機器における光学系の駆動源としてインパクト形の圧電アクチュエータを適用する場合、その携帯機器の軽量化、小型化等を考慮すると、駆動回路はできる限り簡単かつ小型であることが望ましい。しかし、上記従来の圧電アクチュエータ100では、定電流回路によって充電電流若しくは放電電流を制限するようにしているので、不可避免的に回路素子数が多くなり、駆動回路104の小型化が困難になる。

【0014】また、上記従来の圧電アクチュエータ100では、被駆動部材102の移動速度を調節するには定電流回路を構成する回路素子の定数を変更することが考えられるが、こうした場合には定数の異なる複数の回路素子と切替回路とが必要となることから駆動回路104の小型化がさらに困難になる。

【0015】一方、圧電アクチュエータにおける被駆動部材の移動速度を変更する手段として、複数の圧電素子を切り替えて用いるようにしたり、駆動パルスを間引くようにしたりすることが提案されている(特開平9-285156号公報、特開平8-43872号公報)が、圧電素子を切り替えて用いるものでは回路構成が複雑になって駆動回路の小型化に制約を受け、駆動パルスを間引くものでは移動速度にむらが生じるという問題がある。

【0016】本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、小型化が可能で被駆動部材の移動速度を円滑に調節することができる圧電アクチュエータを提供することを目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項 1 の発明は、圧電体と、該圧電体の分極方向の一方端に固定された駆動部材と、前記圧電体の他方端に固定された支持部材と、前記駆動部材に所定の摩擦力で係合されて前記分極方向に移動可能にされた被駆動部材と、前記圧電体に分極方向と同方向の電圧を印加して充放電する第 1 の駆動手段と、前記圧電体に分極方向と逆方向の電圧を印加して該圧電体に対し前記第 1 の駆動手段による充放電速度と略同一の速度で充放電する第 2 の駆動手段と、前記駆動部材の駆動時間であって前記第 1 の駆動手段による第 1 の駆動時間及び前記第 2 の駆動手段による第 2 の駆動時間の少なくとも一方を設定変更する設定変更手段と、前記第 1 の駆動手段と第 2 の駆動手段とを交互に駆動する駆動制御手段とを備えたことを特徴としている。

【0018】この構成によれば、圧電体を分極方向と同方向に充放電する速度と逆方向に充放電する速度とを略同一にすることで圧電体の分極方向と同方向への充放電時間と逆方向への充放電時間とに比較的大きな差が設けられることになる結果、被駆動部材が駆動部材に対して相対的に移動されることになる。このため、従来のような充電電流や放電電流を制限するための定電流回路が不必要となり、圧電アクチュエータの小型化が促進される。また、第 1 の駆動手段による駆動時間（すなわち、充放電時間）及び第 2 の駆動手段による駆動時間の少なくとも一方を変更することで被駆動部材の速度が変更される。このため、移動速度が円滑に調整される。

【0019】なお、この構成において、第 1 の駆動手段は、圧電体に分極方向と同方向の電圧を印加することにより少なくとも圧電体に対し充電するようにしたものであればよく、第 2 の駆動手段は、圧電体に分極方向と逆方向の電圧を印加することにより少なくとも圧電体に対し第 1 の駆動手段により充電された電荷を放電するようにしたものであればよい。

【0020】また、請求項 2 の発明は、請求項 1 に係るものにおいて、前記第 1 の駆動手段は、前記圧電体の分極方向と逆方向に蓄積された電荷を放電すると共に、前記圧電体を分極方向と同方向に充電する第 1 の充放電回路からなり、前記第 2 の駆動手段は、前記圧電体の分極方向と同方向に蓄積された電荷を放電すると共に、前記圧電体を分極方向と逆方向に充電する第 2 の充放電回路からなることを特徴としている。

【0021】この構成によれば、圧電体は、第 1 の駆動手段により分極方向と逆方向に蓄積された電荷が放電された後に分極方向と同方向に充電され、第 2 の駆動手段により分極方向と同方向に蓄積された電荷が放電された後に分極方向と逆方向に充電される。このため、圧電体には見かけ上、印加電圧の 2 倍の電圧が駆動電圧として供給されることになる結果、単位電圧当たりの圧電体の伸縮量が増大し、圧電アクチュエータの駆動効率が向上

する。

【0022】また、請求項 3 の発明は、請求項 2 に係るものにおいて、前記第 1 の充放電回路は、一方端が電源に接続され、他方端が前記圧電体の一方端に接続されてなる第 1 のスイッチ手段と、一方端が前記圧電体の他方端に接続され、他方端が接地されてなる第 2 のスイッチ手段とを備え、前記第 2 の充放電回路は、一方端が前記電源に接続され、他方端が前記圧電体の他方端に接続されてなる第 3 のスイッチ手段と、一方端が前記圧電体の一方端に接続され、他方端が接地されてなる第 4 のスイッチ手段とを備えたことを特徴としている。

【0023】この構成によれば、第 1 の充放電回路及び第 2 の充放電回路はそれぞれ 2 つのスイッチ手段で構成され、第 1 の充放電回路及び第 2 の充放電回路が交互に駆動されることで被駆動部材は駆動部材に対して相対的に移動される。これにより、駆動回路が少ない回路素子で構成される結果、圧電アクチュエータの小型化が促進される。

【0024】また、請求項 4 の発明は、請求項 1 に係るものにおいて、前記第 1 の駆動手段は、前記圧電体を分極方向と同方向に充電する充電回路からなり、前記第 2 の駆動手段は、前記圧電体に蓄積された電荷を放電する放電回路からなることを特徴としている。

【0025】この構成によれば、圧電体は、第 1 の駆動手段により分極方向と同方向に充電され、第 2 の駆動手段により分極方向と同方向に蓄積された電荷が放電される。このため、充電時にだけ電力が消費されることになる結果、電力消費が効果的に抑制される。

【0026】また、請求項 5 の発明は、請求項 4 に係るものにおいて、前記充電回路は、一方端が電源に接続され、他方端が前記圧電体の一方端に接続されてなる第 1 のスイッチ手段を備え、前記放電回路は、一方端が前記圧電体の一方端に接続され、他方端が接地されてなる第 2 のスイッチ手段を備えたことを特徴としている。

【0027】この構成によれば、充電回路及び放電回路はそれぞれ 1 つのスイッチ手段で構成され、充電回路及び放電回路が交互に駆動されることで被駆動部材は駆動部材に対して相対的に移動される。これにより、駆動回路が少ない回路素子で構成される結果、圧電アクチュエータの小型化が促進される。

【0028】また、請求項 6 の発明は、請求項 1 乃至 5 のいずれかに係るものにおいて、前記設定変更手段は、駆動周期が一定となるように前記第 1 の駆動時間及び第 2 の駆動時間を変更するものであることを特徴としている。

【0029】この構成によれば、第 1 の駆動時間が変更されたときは駆動周期が一定となるように第 2 の駆動時間も変更される。これにより、被駆動部材の移動速度が円滑に調節される。

【0030】また、請求項 7 の発明は、請求項 1 乃至 5

のいずれかに係るものにおいて、前記設定変更手段は、前記第1の駆動時間又は第2の駆動時間を変更することにより駆動周期を変更するものであることを特徴としている。

【0031】この構成によれば、第1の駆動時間又は第2の駆動時間を変更されることにより駆動周期が変更される。これにより、被駆動部材の移動速度が円滑に調節される。

【0032】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の一実施形態に係るインパクト型の圧電アクチュエータの構成を概略的に示すブロック図である。この図において、圧電アクチュエータ10は、駆動部12と、駆動部12を駆動する駆動回路14と、駆動部12に取り付けられている被駆動部材の位置を検出する部材センサ16と、駆動部12の基端に配設された基端センサ18と、駆動部12の先端に配設された先端センサ20と、全体の動作を制御する制御部22とを備えている。

【0033】図2は、駆動部12の構成例を示す斜視図である。この図において、駆動部12は、支持部材24、圧電部材26、駆動部材28及び被駆動部材30から構成されている。支持部材24は、圧電部材26及び駆動部材28を保持するものであり、円柱体の軸方向両端部241、242及び略中央の仕切壁243を残して内部を削り貫くことにより形成された第1収容空間244及び第2収容空間245を有している。この第1収容空間244には、圧電部材26がその積層方向を支持部材24の軸方向と一致させて収容されている。また、第2収容空間245には、駆動部材28と被駆動部材30の一部とが収容されている。

【0034】圧電部材26は、所要の厚さを有する複数枚の板状の圧電素子を各圧電素子間に図略の薄膜の電極を挟み込んで接着してなる積層型の圧電体で構成されている。この複数枚の圧電素子は隣接する圧電素子の分極方向が互いに逆向きとなるように積層されている。このように圧電素子を積層するのは、各電極には隣接する電極間で互いに正負の極性が逆になるように駆動電圧が並列に印加されることから、各圧電素子が同一の方向に伸縮して圧電部材全体として大きい伸縮量が得られるようにするためである。

【0035】この圧電部材26は、積層方向である長手方向の一方端面が第1収容空間244の仕切壁243とは反対側の端面に固定されている。支持部材24の一方端部242（支持部材24の先端部）及び仕切壁243には中心位置に丸孔が穿設されると共に、この両丸孔を貫通して断面丸形状の棒状の駆動部材28が第2収容空間245に軸方向に沿って移動可能に収容されている。なお、駆動部材28の断面は丸形状に限定されるものではなく、楕円形状、矩形形状等の任意の形状にすることができる。

【0036】駆動部材28の第1収容空間244内に突出した端部は圧電部材26の他方端面に固着され、駆動部材28の第2収容空間245の外部に突出した端部は板ばね32により所要のばね圧で圧電部材26側に付勢されている。この板ばね32による駆動部材28への付勢は、圧電部材26の伸縮動作に基づく駆動部材28の軸方向変位を安定化させるためである。

【0037】図3は、被駆動部材30の構成例を示す断面図である。この図において、被駆動部材30は、両側に耳部302を有する基部301と、両耳部302の間に嵌合される挟み込み部材303とを備えている。基部301の両耳部302の付け根部分には駆動部材28よりも僅かに径の大きい丸孔304が穿設されている。被駆動部材30は、丸孔304に駆動部材28を遊嵌状態で貫通させ、その駆動部材28を基部301と挟み込み部材303とで挟み込むことにより駆動部材28の軸方向に沿って移動可能に取り付けられている。挟み込み部材303の上部には両耳部302の上面より突出する突起303aが形成される一方、両耳部302の上面に突起部303aに圧接されるように板ばね305が固設されており、これにより挟み込み部材303が所要のばね圧で駆動部材28側に付勢されるようになっている。

【0038】この板ばね305によるばね圧は、圧電部材26の伸縮動作に基づく駆動部材28の軸方向における往復動において、駆動部材28と基部301及び挟み込み部材303との間に生じる往動時の摩擦力と復動時の摩擦力とに差を生じさせ、被駆動部材30を駆動部材28の軸方向に沿って移動可能にするためのものである。すなわち、板ばね305のばね圧により、駆動部材28が高速で移動（伸長又は縮小）するときは、駆動部材28に対して被駆動部材30が相対的に移動し得る程度に駆動部材28と被駆動部材30との間に低い摩擦力が発生し、駆動部材28が低速で移動（伸長又は縮小）するときは、駆動部材28と共に被駆動部材30が移動し得るよう駆動部材28と被駆動部材30との間に高い摩擦力が発生するようになっている。

【0039】なお、本実施形態では、挟み込み部材303を駆動部材28に圧接させるための付勢手段として板ばね305を用いているが、付勢力が生じるものであればこれに限定されるものではなく、例えばコイルばねやゴム等の他の弾性部材を用いることもできる。また、被駆動部材30には駆動対象物であるレンズLが取り付けられている。

【0040】図4は、駆動回路14の構成例を示す図である。この図において、駆動回路14は、駆動電源PSから駆動電圧+Vpが供給される接続点aと接地される接続点bとの間に、MOS型FETであるスイッチ素子Q1からなる第1スイッチ回路141及びMOS型FETであるスイッチ素子Q2からなる第2スイッチ回路142の直列回路が接続されると共に、MOS型FETで

10

20

30

40

50

あるスイッチ素子Q3からなる第3スイッチ回路143及びMOS型FETであるスイッチ素子Q4からなる第4スイッチ回路144の直列回路が接続され、各スイッチ回路141乃至144に駆動制御信号を供給する制御信号供給手段としての駆動パルス発生回路145が接続されて構成されている。

【0041】第1スイッチ回路141を構成するスイッチ素子Q1及び第2スイッチ回路142を構成するスイッチ素子Q2はPチャンネルFETであり、第3スイッチ回路143を構成するスイッチ素子Q3及び第4スイッチ回路144を構成するスイッチ素子Q4はNチャンネルFETである。

【0042】なお、第1スイッチ回路141及び第3スイッチ回路143の接続点cと、第2スイッチ回路142及び第4スイッチ回路144の接続点dとの間に圧電部材26が接続（接続点cが圧電部材26の矢印Pで示す分極方向を基準にして+側の電極261に接続され、接続点dが圧電部材26の-側の電極262に接続される。）されてブリッジ回路146が構成され、第2スイッチ回路142及び第4スイッチ回路144の各FETのゲートには駆動パルス発生回路145がそのまま接続され、第1スイッチ回路141及び第3スイッチ回路143の各FETのゲートには駆動パルス発生回路145が反転回路147を介して接続されている。

【0043】この駆動回路14において、接続点a、b間に接続される駆動電圧の極性及び接続点c、d間に接続される圧電部材26の分極方向は任意に設定することができるが、例えば図4に示すように、接続点aを駆動電圧の正極とし、圧電部材26が矢印Pの方向に分極され、その+分極側が接続点cに接続（-分極側が接続点dに接続）されているとすると、第1スイッチ回路141及び第4スイッチ回路144は圧電部材26に対し分極方向と同方向（分極を強める方向）に駆動電圧 $+V_p$ を印加して端子間電圧 V_s が $+V_p$ となるまで充電する第1の駆動回路（第1の駆動手段）を構成し、第2スイッチ回路142及び第3スイッチ回路143は圧電部材26に対し分極方向と逆方向に駆動電圧 $+V_p$ を印加して第1の駆動回路による充電電荷を放電し、かつ、端子間電圧 V_s が $-V_p$ となるまで充電する第2の駆動回路（第2の駆動手段）を構成することになる。圧電部材26が第2の駆動回路により $-V_p$ に充電されると、第1の駆動回路はその充電電荷を放電し、その後 $+V_p$ に充電する。

【0044】なお、圧電部材26を図4とは逆方向に接続すると、第2スイッチ回路142及び第3スイッチ回路143が圧電部材26を分極方向と同方向に充電する第1の駆動回路となり、第1スイッチ回路141及び第4スイッチ回路144が圧電部材26を分極方向と逆方向に充電する第2の駆動回路となる。

【0045】このように駆動回路14と圧電部材26と

でブリッジ回路146を構成した場合、圧電部材26には $-V_p \sim +V_p$ の電圧が印加されるので、等価的に圧電部材26の駆動電圧が $2V_p$ となる結果、駆動電源は低電圧であっても変位量の大きい圧電アクチュエータを得ることができるという利点がある。

【0046】図5は、駆動パルス発生回路145の構成例を示すブロック図である。この図において、駆動パルス発生回路145は、 125 ns のクロックパルスを出力する水晶発振子等の発振素子150と、発振素子150から出力されるパルス信号をカウントアップすると共に、そのカウント値を出力するカウンタ151と、駆動パルスの周期を設定するための第1メモリ152と、圧電部材26に対する充電時間を設定するための第2メモリ153と、これら第1メモリ152及び第2メモリ153に所定の数値（時間）をセットすることにより駆動パルスのON/OFFタイミングを制御するパルス幅制御部154とを備えている。なお、カウンタ151は、後述する第1比較器155からリセット信号が入力されたとき、そのカウント値をゼロにリセットする。

【0047】また、駆動パルス発生回路145は、更に、第1メモリ152のセット値（ T_M ）とカウンタ151から出力されるカウント値（ T_C ）とを比較すると共に、カウント値（ T_C ）がセット値（ T_M ）に達したとき（ $T_C \geq T_M$ ）にリセット信号をカウンタ151に出力する第1比較器155と、第2メモリ153のセット値（ T_N ）とカウンタ151から出力されたカウント値（ T_C ）とを比較すると共に、カウント値（ T_C ）がセット値（ T_N ）よりも小さいとき（ $T_C < T_N$ ）にハイ信号“H”を出力する一方、カウント値（ T_C ）がセット値（ T_N ）に達したとき（ $T_C \geq T_N$ ）にロー信号“L”を出力する第2比較器156と、制御部22からの出力制御信号に基づいて動作するものであって、駆動パルス出力時に第2比較器156からの出力を駆動パルスとして出力し、駆動パルス出力停止時は駆動パルスをハイ状態に固定する出力制御回路157とを備えている。

【0048】このように構成された駆動パルス発生回路145は、図6に示すように、カウンタ151のカウント値（ T_C ）が第2メモリ153のセット値（ T_N ）に達すると、出力制御回路156から出力されていたハイ信号がロー信号に切り替わり、さらに時間が経過してカウンタ151のカウント値（ T_C ）が第1メモリ152のセット値（ T_M ）に達すると、出力制御回路156から出力されていたロー信号がハイ信号に切り替わる。このとき、同時に第1比較器155からリセット信号がカウンタ151に出力され、これによりカウンタ151のカウント値（ T_C ）がゼロにリセットされる。このようにして上記の動作が繰り返し実行されることにより駆動パルス発生回路145から所定の周期で駆動パルスが連続的に出力されることになる。ここで、駆動パルスの周期を設定するための第1メモリ152と圧電部材26に対

する充電時間を設定するための第2メモリ153及びパルス幅制御部154は、第1の駆動回路及び第2の駆動回路の駆動時間の周期を設定するか、又は駆動周期が一定になるように充電時間を設定するための設定変更手段159を構成する。

【0049】なお、図6に示すハイ信号の出力期間 t_1 に第1スイッチ回路141と第4スイッチ回路144とからなる第1の駆動回路が駆動され、図6に示すロー信号の出力期間 t_2 に第2スイッチ回路142と第3スイッチ回路143とからなる第2の駆動回路が駆動されることになる。ここで、第1メモリ152のセット値は一定にしておき、第2メモリ153のセット値を変更することによって駆動周期を一定にした状態で第1の駆動回路のオン期間（駆動時間） t_1 と第2の駆動回路のオン期間（駆動時間） t_2 とを調節（デューティ比を調節）することができる。また、第1メモリ152のセット値を変更することによって第1の駆動回路のオン期間 t_1 と第2の駆動回路のオン期間 t_2 とからなる駆動周期を調節することができる。

【0050】図1に戻り、部材センサ16は、被駆動部材30の移動可能範囲内に配設されており、MRE (Magnetoresistive Effect) 素子やPSD (Position Sensitive Device) 等のセンサにより構成されている。また、基端センサ18及び先端センサ20は、フォトインタラプタ等のセンサにより構成されている。

【0051】制御部22は、演算処理を行うCPU (Central Processing Unit)、処理プログラム及びデータが記憶されたROM (Read-Only Memory) 及びデータを一時的に記憶するRAM (Random Access Memory) から構成されており、部材センサ16等から入力される信号に基づいて駆動パルス発生回路145から所定のデューティ比のパルス信号を出力させ、この駆動パルスにより第1の駆動回路及び第2の駆動回路を交互に駆動する。すなわち、制御部22は、第1スイッチ回路141及び第4スイッチ回路144からなる第1の駆動回路と、第2スイッチ回路142及び第3スイッチ回路143からなる第2の駆動回路とを交互に駆動する駆動制御手段を構成する。なお、制御部22には、被駆動部材30の移動を指示する移動指示スイッチ34と、被駆動部材30の移動速度を検出するためのタイマー36とが接続されている。

【0052】上記のように構成された圧電アクチュエータ10は、従来のように充放電回路に電流を制限するためのトランジスタ、ツェナーダイオード、抵抗等の複数の回路素子からなる定電流回路を設けていないので、駆動回路14は可能な限り簡単な回路構成とすることができる。これにより駆動回路14の簡素化及び小型化が図られ、圧電アクチュエータ10の小型化も可能となる。また、従来のように充放電回路に定電流回路を設けていないので、圧電部材26に対して分極方向と同方向の駆

動電圧が印加されたときの充電速度と圧電部材26に対して分極方向と逆方向の駆動電圧が印加されたときの放電速度とが略同一（すなわち、圧電部材26に対する充放電速度が略同一）となるようになっている。

【0053】図7は、図4に示す駆動回路14の駆動パルス発生回路145から出力される駆動パルスと、各スイッチ素子Q1～Q4のON/OFF状態と、圧電部材26に印加される駆動電圧の波形とを示す図である。この図に示すように、圧電アクチュエータ10の駆動時には、駆動パルス発生回路145から出力された駆動パルスがそのままの状態駆動制御信号としてスイッチ素子Q2、Q4に入力される一方、駆動パルス発生回路145から出力された駆動パルスが反転回路147を介することにより反転された状態で駆動制御信号としてスイッチ素子Q1、Q3に入力される。これによってスイッチ素子Q1、Q4及びスイッチ素子Q2、Q3が交互にオンになり、そのオン期間に圧電部材26に対して駆動電圧 V_p が印加されることになる。

【0054】そして、被駆動部材30を支持部材24の先端側に移動させる場合（以下、この方向の駆動を「正方向駆動」という。）では、第1の駆動回路のオン期間 t_1 と第2の駆動回路のオン期間 t_2 との比D ($D = t_1 / (t_1 + t_2)$ 、以下、デューティ比Dという。)が、0.5以下の比較的小さい値に設定されるようになっている。また、被駆動部材30を支持部材24の基端側に移動させる場合（以下、この方向の駆動を「逆方向駆動」という。）では、第1の駆動回路のオン期間 t_1 と第2の駆動回路のオン期間 t_2 とのデューティ比Dが、0.5以上の比較的大きい値に設定されるようになっている。すなわち、本発明では、圧電部材26に対する充放電速度を略同一にし、充放電時間のデューティ比Dを異ならせることにより圧電アクチュエータ10の駆動方向（正方向駆動又は逆方向駆動）を制御するようにしている。なお、スイッチ素子Q1、Q2はPチャンネルFETであるので、駆動制御信号がローレベルのときにオンになり、スイッチ素子Q3、Q4はNチャンネルFETであるので、駆動制御信号がハイレベルのときにオンになる。

【0055】このように、圧電部材26に対する充放電速度を略同一にし、充放電時間のデューティ比Dのみで圧電アクチュエータ10の駆動方向を制御しているのは、分極方向と同方向への充電時間と分極方向と逆方向への充電時間とに比較的大きい差を設けることによって一定の条件下で被駆動部材30が駆動部材28に対して相対移動することになるという実験結果に基づくものである。

【0056】図8は、圧電部材26に対する充放電速度が略同一で、圧電部材26に対する充放電時間のデューティ比Dのみが異なる駆動電圧を印加したときの圧電部材の変位の過渡応答を示す図である。この図に基づき、

10

20

30

40

50

充放電時間のデューティ比 D を変更することにより被駆動部材 30 が駆動部材 28 に対し正方向と逆方向とに移動することになる理由を説明する。

【0057】この図 8 の下段に示す波形は、圧電部材 26 に分極方向と同方向の駆動電圧が印加されるときにの充電時間が、分極方向と逆方向の駆動電圧が印加されるときにの放電時間よりも長い所定のデューティ比を有する駆動電圧の 1 周期分を示し、上段に示す波形は、その駆動電圧が印加されたときの圧電部材 26 及び駆動部材 28 の過渡的な伸縮動作を示す図である。なお、この図 8 に示す圧電部材 26 及び駆動部材 28 の伸縮動作の過渡波形は、説明の便宜上、共振周波数の基本波の波形で表している。

【0058】いま、圧電部材 26 に分極方向と同方向の駆動電圧 $+V_p$ を印加して充電すると圧電部材 26 は伸長し、その圧電部材 26 に分極方向と逆方向の駆動電圧 $-V_p$ を印加して蓄積された電荷を放電すると共に逆方向に充電すると、圧電部材 26 は縮小する。しかし、圧電部材 26 及び駆動部材 28 には弾性があるため、例えば伸長動作を過渡的にみると、圧電部材 26 は、圧電部材 26 自体、駆動部材 28、被駆動部材 30 等により決定される所定の共振周波数で振動しながら所定の長さに伸長する。すなわち、図 8 に示すように、例えば a 点で圧電部材 26 に駆動電圧 $+V_p$ が印加されると、圧電部材 26 は高速で大きく伸長した後、b 点で縮小に転じ、その後は振動的に伸長と縮小とを繰り返して c 点近傍の伸長量に落ち着いていく（図 8 の c 点から仮想線で示す波形を参照）。このような過渡的な変位動作の事情は縮小動作についても同様で、 $+V_p$ が印加された後に $-V_p$ が印加されると、高速で大きく縮小した後、ある変位量で伸長に転じ、その後は振動的に縮小と伸長とを繰り返して所定の縮小量に落ち着いていく（図 8 の d 点から仮想線で示す波形を参照）。

【0059】すなわち、圧電部材 26 に対して、図 8 に示すような波形の駆動電圧が繰り返し印加された場合、 $-V_p$ で充電された状態から a 点で圧電部材 26 に電圧 $+V_p$ が印加されて充電が行われると、圧電部材 26 は高速で b 点まで伸長するが、その後は伸長速度よりも遅い速度で c 点まで縮小する（図 8 で a-b 間の傾斜よりも b-c 間の傾斜が緩やかになる）。これは略同一の時間で伸長と縮小とが行われるとすると、圧電部材 26 や駆動部材 28 等の粘性により縮小量が伸長量より小さくなるためである。

【0060】次に、縮小動作がほぼ終了する c 点のタイミング（このタイミングは分極方向と同方向へ充電した際の圧電部材 26 の共振周波数の約 1 周期分のタイミングに相当する。）で圧電部材 26 に $-V_p$ が印加されて放電が行われると共に $-V_p$ で充電されると、圧電部材 26 はその変位位置から更に d 点まで縮小動作を行なう。このとき、圧電部材 26 の伸長量は定常的に放電を

行なったときの縮小量に近いので、その縮小速度は a-b 間の伸長速度よりも低速となる。すなわち、c-d 間の傾斜は a-b 間の傾斜よりも緩やかになる。

【0061】そして、その縮小動作がほぼ終了するタイミング（このタイミングは分極方向と逆方向に充電した際の圧電部材 26 の共振周波数の約 1/2 周期分のタイミングに相当する。）d 点で再び、圧電部材 26 に電圧 $+V_p$ が印加されて充電が行われると、圧電部材 26 は再度、高速で伸長動作を行ない、以下、図 9 に示すように駆動電圧の波形に応じて上述の圧電部材 26 の伸縮動作が繰り返される。

【0062】上述の圧電部材 26 の伸縮動作において、伸長動作は高速で行われ、縮小動作はそれよりも低速で行われるので、圧電部材の伸縮動作によって駆動部材 28 が往復動を繰り返すと、高速の往動時では駆動部材 28 と被駆動部材 30 との間の摩擦力は低く、低速の復動時では駆動部材 28 と被駆動部材 30 との間の摩擦力は高くなることから被駆動部材 30 は復動時にのみ駆動部材 28 と共に移動することとなる。従って、図 9 に示すように、被駆動部材 30 は駆動部材 28 の往復動に応じて停止と移動とを繰り返し、全体として逆方向駆動を行なうことになる。

【0063】図 9 は、充電時間が放電時間より長い所定のデューティ比 D を有する駆動電圧を圧電部材 26 に印加した場合の例であるが、圧電部材 26 に充電時間が放電時間より短い所定のデューティ比 D を有する駆動電圧を印加した場合は、上述の充放電速度の関係が逆になり、圧電部材 26 は $-V_p$ の充電時に高速で縮小し、 $+V_p$ の充電時に低速で伸長を行なうことになるから、被駆動部材 30 は駆動部材 28 の往復動に応じて移動と停止とを繰り返し、全体として正方向駆動を行なうことになる。

【0064】従って、図 4 において、駆動パルス発生回路 145 からデューティ比 D が 0.5 よりも大きい所定の値を有する駆動パルスが出力されるときは、圧電部材 26 が高速伸長と低速縮小とを交互に繰り返すので、被駆動部材 30 は支持部材 24 の基端側に移動する（逆方向駆動）。また、駆動パルス発生回路 145 からデューティ比 D が 0.5 よりも小さい所定の値を有する駆動制御信号が出力されるときは、圧電部材 26 が低速伸長と高速縮小とを交互に繰り返すので、被駆動部材 30 は支持部材 24 の先端側に移動する（正方向駆動）。

【0065】被駆動部材 30 を安定して所望の方向に移動させるには、上述のように充電時間（図 8 の a-c の時間を参照）は分極方向と同方向へ充電した際の圧電部材 26 の共振周波数の約 1 周期分の期間に、また、放電時間（図 8 の c-d の時間を参照）は分極方向と逆方向に充電した際の圧電部材 26 の共振周波数の約 1/2 周期分の期間に設定するのが好ましいが、実際には圧電部材 26 の支持部材 24 への取付構造や駆動部材 28 等の

要因により、圧電部材 26 及び駆動部材 28 の変位波形が図 8 に示すような波形とならず、他の周波数成分が重畳された歪んだ波形となる。従って、適切な圧電部材 26 に対する駆動電圧は、圧電アクチュエータ毎に調整して設定されることになる。

【0066】なお、駆動パルスの充放電時間のデューティ比 D が圧電部材 26 の共振周波数に正確に関係していない場合であっても被駆動部材 30 をデューティ比 D に応じて正方向若しくは逆方向に移動させることは可能である。

【0067】また、圧電部材 26、駆動部材 28 及び被駆動部材 30 間の取付構造や条件によっては、図 7 に示したものと逆の方向に駆動させることも可能である。すなわち、駆動パルスのデューティ比 D を 0.5 よりも小さい値にすることで被駆動部材 30 を逆方向に移動させ、デューティ比 D を 0.5 よりも大きい値にすることで被駆動部材 30 を正方向に移動させることも可能である。

【0068】図 10 は、圧電部材 26 に対する充電時間 t_1 (図 6 に示す第 1 の駆動回路の駆動時間 t_1) と放電時間 t_2 (図 6 に示す第 2 の駆動回路の駆動時間 t_2) からなる駆動周期 t_p を $13\mu s \sim 16\mu s$ の範囲内で $125ns$ ずつ変化させると共に、充電時間 t_1 を $9.5\mu s \sim (t_p - 1.5\mu s)$ の範囲内で $125ns$ ずつ変化させたときの被駆動部材 30 の駆動部材 28 に対する移動速度 (基端部側への移動速度) を測定し、等高線図として表わしたものである。

【0069】この等高線図から明らかなように、被駆動部材 30 の基端部側への移動速度は、駆動周期 $14.5\mu s$ 、充電時間 $10.25\mu s$ 近辺において最速となり、所定の範囲内ではその点を中心に駆動周期 t_p 又は充電時間 t_1 が変化するに従って低下する。そして、その移動速度は、駆動周期 t_p を $14.5\mu s$ に設定し、充電時間を $10.25\mu s$ から増加させる場合が最もなだらかに変化する。この図 10 の等高線図は、被駆動部材 30 を駆動部材 28 の基端部側へ移動させた場合のものであるが、逆方向 (駆動部材 28 の先端部側) へ移動させた場合もほとんど同様の測定結果を得ることができた。但し、被駆動部材 30 の先端部側への移動速度は、駆動周期 $14.5\mu s$ 、充電時間 $3.25\mu s$ 近辺において最速となり、所定の範囲内ではその点を中心に駆動周期 t_p ($=t_1+t_2$) 又は充電時間 t_1 が変化するに従って低下する。そして、その移動速度は、駆動周期 t_p を $14.5\mu s$ に設定し、充電時間を $3.25\mu s$ から減少させる場合が最もなだらかに変化する。

【0070】また、この被駆動部材 30 の基端部側への移動速度は、図 11 に示すように、駆動周期 t_p を $14.5\mu s$ に設定した場合、充電時間 t_1 が $10.25\mu s$ 付近で頂点となり、充電時間 t_1 が長くなるに従ってなだらかに減少する。従って、本実施形態では、駆動

周期 t_p を $14.5\mu s$ に設定し、充電時間 t_1 を $11\mu s \sim 12\mu s$ の範囲内で変化させることにより被駆動部材 30 の速度制御を行うようにしている。また、被駆動部材 30 を駆動部材 28 の先端部側へ移動させる場合は、駆動周期 t_p を $14.5\mu s$ に設定し、充電時間 t_1 を $2.5\mu s \sim 3.5\mu s$ の範囲内で変化させることにより被駆動部材 30 の速度制御を行うようにしている。なお、これらの数値は、本実施形態における実験結果に基づくものであり、圧電アクチュエータ 10 の構成に応じて適宜変更されるものであることはいうまでもない。

【0071】図 12 及び図 13 は、被駆動部材 30 の速度制御を行う制御部 22 の動作を説明するためのフローチャートである。まず、圧電アクチュエータ 10 の図略の電源スイッチがオンされると、初期状態に設定された後に移動指示スイッチ 34 がオンされたか否かが判別される (ステップ #1)。この判定が肯定されると、先端センサ 20 がオンされたか否かが判別され (ステップ #3)、この判定が肯定されると駆動パルスの周期 (駆動周期) を設定する第 1 メモリ 152 に「116」 ($116 \times 0.125\mu s = 14.5\mu s$) がセットされる (ステップ #5)。なお、ステップ #1 で判定が否定されたときは、移動指示スイッチ 34 がオンされるまで待機する。

【0072】次いで、充電時間を設定する第 2 メモリ 153 に「92」 ($92 \times 0.125\mu s = 11.5\mu s$) がセットされ (ステップ #7)、その後駆動パルス発生回路 145 から駆動パルスの出力が開始される (ステップ #9)。そして、タイマー 36 が始動されると共に、被駆動部材 30 の移動に対応して時間がカウントされ (ステップ #11)、引き続いて基端センサ 18 がオンされたか否かが判別される (ステップ #13)。ステップ #13 で判定が否定されると時間が例えば $10ms$ を経過したか否かが判別され (ステップ #15)、判定が肯定されると基端側への移動距離が例えば $24\mu m$ を超えたか否かが判別される (ステップ #17)。

【0073】なお、ステップ #13 で判定が肯定されると駆動パルスの出力が停止され (ステップ #19)、ステップ #1 に戻り以降の動作が繰り返し実行される。また、ステップ #15 で判定が否定されると、ステップ #13 に戻って以降の動作が繰り返し実行される。ステップ #15 における時間の判別はタイマー 36 からの出力値に基づいて行われ、ステップ #17 における移動距離の判別は部材センサ 16 からの出力値に基づいて行われる。すなわち、一定時間 (例えば、 $10ms$) が経過するまでは、駆動周期 $14.5\mu s$ 、充電時間 $11.5\mu s$ の条件で被駆動部材 30 が移動され、一定時間 (例えば、 $10ms$) が経過するまでに基端位置に達するとそれ以上の移動は不能となるため、駆動パルスの出力が停止されることになる。

【0074】ステップ#17で判定が否定されると基端側への移動距離が例えば $22\mu\text{m}$ に満たないか否かが判別され（ステップ#21）、この判定が否定されるとステップ#11に戻って以降の動作が繰り返し実行される。すなわち、被駆動部材30の移動距離が一定時間（例えば、 10ms ）を経過しても所定範囲内（例えば、 $22\mu\text{m}\sim 24\mu\text{m}$ ）にある場合は駆動周期 $14.5\mu\text{s}$ 、充電時間 $11.5\mu\text{s}$ の条件で被駆動部材30が移動されることになる。

【0075】ステップ#17で判定が肯定されると第2メモリ153に「1」が加算され（ $0.125\mu\text{s}$ だけ増加）（ステップ#23）、その後第2メモリ153のセット値が「96」を超えるか否かが判別される（ステップ#25）。ステップ#25で判定が肯定されると駆動パルスの出力が停止され（ステップ#27）、その後図略の表示装置に異常警告が表示され（ステップ#29）、動作が終了する。すなわち、被駆動部材30の移動距離が所定値（例えば、 $24\mu\text{m}$ ）を超えると、充電時間が $11.5\mu\text{s}$ から順次増加されて移動速度が順次減速され、充電時間が $12\mu\text{s}$ に達しても基端センサ18位置に達しないときは異常があったものと判断して駆動パルスの出力が停止され、同時に警告が発せられることになる。

【0076】また、ステップ#21で判定が肯定されると、第2メモリ153から「1」が減算され（ $0.125\mu\text{s}$ だけ減少）（ステップ#31）、その後第2メモリ153のセット値が「88」に満たないか否かが判別される（ステップ#33）。ステップ#33で判定が肯定されるとステップ#27に移行され、ステップ#33で判定が否定されるとステップ#11に戻って以降の動作が繰り返し実行される。すなわち、被駆動部材30の移動距離が一定時間（例えば、 10ms ）を経過しても所定値（例えば、 $22\mu\text{m}$ ）に達していないときは、充電時間が $11.5\mu\text{s}$ から順次減少されて移動速度が順次加速され、充電時間が $11\mu\text{s}$ に達しても基端センサ18位置に達しないときは異常があったものと判断して駆動パルスの出力が停止され、同時に警告が発せられることになる。

【0077】一方、ステップ#3で判定が否定されると、基端センサ18がオンされたか否かが判別され（ステップ#35）、この判定が肯定されると第1メモリ152に「116」（ $116\times 0.125\mu\text{s}=14.5\mu\text{s}$ ）がセットされる（ステップ#37）。なお、ステップ#35で判定が否定されると、再度ステップ#3に戻って以降の動作が繰り返し実行される。

【0078】次いで、第2メモリ153に「24」（ $24\times 0.125\mu\text{s}=3.0\mu\text{s}$ ）がセットされ（ステップ#39）、その後駆動パルス発生回路145から駆動パルスの出力が開始される（ステップ#41）。すなわち、上述のステップ#33までは被駆動部材30が

駆動部材28の先端側から基端側に向けて移動する動作であるのに対し、ステップ#37以降は被駆動部材30が駆動部材28の基端側から先端側に向けて移動する動作である。

【0079】次いで、タイマー36が始動されると共に、被駆動部材30の移動に対応して時間がカウントされ（ステップ#43）、引き続いて先端センサ20がオンされたか否かが判別される（ステップ#45）。ステップ#45で判定が否定されると時間が例えば 10ms を経過したか否かが判別され（ステップ#47）、判定が肯定されると先端側への移動距離が例えば $24\mu\text{m}$ を超えたか否かが判別される（ステップ#49）。

【0080】なお、ステップ#45で判定が肯定されると駆動パルスの出力が停止され（ステップ#51）、ステップ#1に戻り以降の動作が繰り返し実行される。また、ステップ#47で判定が否定されると、ステップ#45に戻って以降の動作が繰り返し実行される。ステップ#47における時間の判別はタイマー36からの出力値に基づいて行われ、ステップ#49における移動距離の判別は部材センサ16からの出力値に基づいて行われる。すなわち、一定時間（例えば、 10ms ）が経過するまでは、駆動周期 $14.5\mu\text{s}$ 、充電時間 $3.0\mu\text{s}$ の条件で被駆動部材30が移動され、一定時間（例えば、 10ms ）が経過するまでに先端位置に達するとそれ以上の移動は不能となるため、駆動パルスの出力が停止されることになる。

【0081】ステップ#49で判定が否定されると先端側への移動距離が例えば $22\mu\text{m}$ に満たないか否かが判別され（ステップ#53）、この判定が否定されるとステップ#43に戻って以降の動作が繰り返し実行される。すなわち、被駆動部材30の移動距離が一定時間（例えば、 10ms ）を経過しても所定範囲内（例えば、 $22\mu\text{m}\sim 24\mu\text{m}$ ）にある場合は駆動周期 $14.5\mu\text{s}$ 、充電時間 $3.0\mu\text{s}$ の条件で被駆動部材30が移動されることになる。

【0082】ステップ#49で判定が肯定されると第2メモリ153から「1」が減算され（ $0.125\mu\text{s}$ だけ減少）（ステップ#55）、その後第2メモリ153のセット値が「20」未満か否かが判別される（ステップ#57）。ステップ#57で判定が肯定されると駆動パルスの出力が停止され（ステップ#59）、その後図略の表示装置に異常警告が表示され（ステップ#61）、動作が終了する。すなわち、被駆動部材30の移動距離が所定値（例えば、 $24\mu\text{m}$ ）を超えると、充電時間が $3.0\mu\text{s}$ から順次減少されて移動速度が順次減速され、充電時間が $2.5\mu\text{s}$ に達しても先端センサ20位置に達しないときは異常があったものと判断して駆動パルスの出力が停止され、同時に警告が発せられることになる。

【0083】また、ステップ#53で判定が肯定される

と、第2メモリ153に「1」が加算され(0.125 μ sだけ増加)(ステップ#63)、その後第2メモリ153のセット値が「28」を超えたか否かが判別される(ステップ#65)。ステップ#65で判定が肯定されるとステップ#59に移行され、ステップ#65で判定が否定されるとステップ#43に戻って以降の動作が繰り返し実行される。すなわち、被駆動部材30の移動距離が一定時間(例えば、10ms)を経過しても所定値(例えば、22 μ m)に達していないときは、充電時間が3.0 μ sから順次増加されて移動速度が順次加速され、充電時間が3.5 μ sに達しても先端センサ20位置に達しないときは異常があったものと判断して駆動パルスの出力が停止され、同時に警告が発せられることになる。

【0084】図14は、駆動回路14の変形例を示す図である。この図14に示すものは、図4に示すものとはブリッジ回路146における接続点bとアースとの間に抵抗Rを接続するようにした点で相違している。なお、接続点bとアースとの間に抵抗Rが接続されることから、図15に示すように、圧電部材26が+V_p及び-V_pに充電されるまでの波形が緩やかなものになるが、基本的な動作は図4に示すものと同一である。

【0085】また、図示は省略するが、図14に示す変形例に代え、第1の駆動回路を構成するスイッチ素子Q1及びスイッチ素子Q4のいずれか一方又は両方に直列に抵抗Rを接続すると共に、第2の駆動回路を構成するスイッチ素子Q2及びスイッチ素子Q3のいずれか一方又は両方に直列に抵抗Rを接続するようにした回路構成とすることも可能である。この場合でも、図15に示すものと同様に、圧電部材26が+V_p及び-V_pに充電されるまでの波形が緩やかなものになるが、基本的な動作は図4に示すものと同一である。

【0086】さらに、第1の駆動回路を構成するスイッチ素子Q1及びスイッチ素子Q4のいずれか一方又は両方に直列に抵抗Rを接続するか、あるいは、第2の駆動回路を構成するスイッチ素子Q2及びスイッチ素子Q3のいずれか一方又は両方に直列に抵抗Rを接続するようにした回路構成とすることも可能である。この場合、スイッチ素子Q1及びスイッチ素子Q4のいずれか一方又は両方に直列に抵抗Rを接続したものでは、圧電部材26が+V_pに充電されるまでの波形が緩やかなものになり、スイッチ素子Q2及びスイッチ素子Q3のいずれか一方又は両方に直列に抵抗Rを接続したものでは、圧電部材26が-V_pに充電されるまでの波形が緩やかなものになるが、いずれの場合でも基本的な動作は図4に示すものと同一である。

【0087】図16は、駆動回路14の他の構成例を示す図である。この図16に示す駆動回路14'は、図4に示すものが第1の駆動回路を充放電回路を構成する2つのスイッチ回路(第1スイッチ回路141及び第4ス

イッチ回路144)で構成し、第2の駆動回路を充放電回路を構成する他の2つのスイッチ回路(第2スイッチ回路142及び第3スイッチ回路143)で構成したものであるのに対し、第1の駆動回路を充電回路を構成する1つのスイッチ回路(第1スイッチ回路141')で構成し、第2の駆動回路を放電回路を構成する1つのスイッチ回路(第2スイッチ回路142')で構成したものである点で相違している。なお、第1、第2スイッチ回路141'、142'は、図4に示すものと同一の構成になる駆動パルス発生回路145から駆動パルスが供給されて駆動が制御され、圧電部材26には駆動電源PSから駆動電圧V_pが印加されるようになっている。

【0088】すなわち、充電回路を構成する第1スイッチ回路141'は、圧電部材26の矢印Pで示す分極方向を基準にして+側の電極261に駆動電圧V_pを印加し、圧電部材26を分極方向と同方向に充電するもので、駆動電源PSと電極261との間に接続されたPチャンネルMOS型FETからなるスイッチ素子Q5で構成されている。また、放電回路を構成する第2スイッチ回路142'は、圧電部材26の電極261を接地して(すなわち、圧電部材26の端子間電圧に対して逆方向の電位を与えて)圧電部材26に蓄積されている電荷を放電するもので、電極261とアースとの間に接続されたNチャンネルMOS型FETからなるスイッチ素子Q6で構成されている。

【0089】図17は、図16に示す駆動回路14'の各スイッチ素子のON/OFF状態と、圧電部材に印加される充電電圧の波形とを示す図である。この図に示すように、駆動パルス発生回路145から駆動パルスが供給されてスイッチ素子Q5がオンになったときにはスイッチ素子Q6はオフとなり、圧電部材26は分極方向と同方向の電圧V_pで充電され、スイッチ素子Q6がオンになったときにはスイッチ素子Q5はオフとなり、圧電部材26の充電電荷が放電されることになる。

【0090】図4に示す駆動回路14を駆動回路14'のように構成した場合でも、充電時間t₁と放電時間t₂とのデューティ比Dが0.5よりも小さいときには正方向駆動となり、そのデューティ比Dが0.5よりも大きいときには逆方向駆動となり、図4に示すものと同様に動作することが確認された。

【0091】図18は、図16に示す駆動回路14'の変形例を示す図である。この図18に示すものは、図16に示すものとはスイッチ素子Q5と駆動電源PSとの間及びスイッチ素子Q6とアースとの間にそれぞれ抵抗Rを接続するようにした点で相違している。なお、上記のように抵抗Rが接続されることから、図19に示すように、圧電部材26がV_pに充電されるまでの波形及び充電電荷がゼロレベルに放電されるまでの波形が緩やかなものになるが、基本的な動作は図16に示すものと同一である。

10

20

30

40

50

【0092】また、スイッチ素子Q5と駆動電源PSとの間、あるいは、スイッチ素子Q6とアースとの間のいずれか一方に抵抗Rを接続するようにすることも可能である。この場合、スイッチ素子Q5と駆動電源PSとの間に抵抗Rを接続したものでは、圧電部材26がV_pに充電されるまでの波形が緩やかなものになり、スイッチ素子Q6とアースとの間に抵抗Rを接続したものでは、圧電部材26が放電されるまでの波形が緩やかなものになるが、いずれの場合でも基本的な動作は図16に示すものと同一である。

【0093】本発明の実施形態に係る圧電アクチュエータ10は、上記のように、圧電部材に分極方向と同方向の電圧を印加して充放電する第1の駆動回路と、圧電部材に分極方向と逆方向の電圧を印加して第1の駆動回路による充放電速度と略同一の速度で充放電する第2の駆動回路と、駆動部材の駆動時間であって第1の駆動手段による第1の駆動時間及び第2の駆動手段による第2の駆動時間の少なくとも一方を設定変更する設定変更手段と、第1の駆動手段と第2の駆動手段とを交互に駆動する駆動制御手段とを備えているので、従来のような定電流回路が不要になることから小型化が可能となり、駆動回路は連続した駆動パルスで駆動されることから駆動部材の移動速度を円滑に調節することができる。また、小型化できることから圧電アクチュエータ10の低廉化を促進することもできる。

【0094】なお、本発明に係る圧電アクチュエータは、上記実施形態のものに限定されるものではなく、種々の変形が可能である。例えば、駆動部12の構成は図2及び図3に示すもの以外の構成とすることも可能であり、駆動回路14、14'を構成しているスイッチ素子として、接合型FET、バイポーラトランジスタ、GTO (Gate Turn-off Thyristor) 等のMOS型FET以外の電子スイッチ素子を用いることもできる。また、被駆動部材30の移動速度の調節は、上記実施形態では駆動周期が一定になるようにして充電時間を変更することで行うようにしているが、充電時間又は放電時間を変更して駆動周期を変更することで行うようにしてもよい。

【0095】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1の発明によれば、圧電体に分極方向と同方向の電圧を印加して充放電する第1の駆動手段と、圧電体に分極方向と逆方向の電圧を印加して圧電体に対し第1の駆動手段による充放電速度と略同一の速度で充放電する第2の駆動手段と、駆動部材の駆動時間であって第1の駆動手段による第1の駆動時間及び第2の駆動手段による第2の駆動時間の少なくとも一方を設定変更する設定変更手段と、第1の駆動手段と第2の駆動手段とを交互に駆動する駆動制御手段とを備えているので、小型化が可能で被駆動部材の移動速度を円滑に調節することができる圧電アクチュエータを実現することができる。

【0096】また、請求項2の発明によれば、第1の駆動手段は、圧電体の分極方向と逆方向に蓄積された電荷を放電すると共に、圧電体に分極方向と同方向に充電する第1の充放電回路からなり、第2の駆動手段は、圧電体の分極方向と同方向に蓄積された電荷を放電すると共に、圧電体に分極方向と逆方向に充電する第2の充放電回路からなっているので、圧電体には見かけ上、印加電圧の2倍の電圧が駆動電圧として供給され、単位電圧当たりの圧電体の伸縮量が増大して圧電アクチュエータの駆動効率が向上する。

【0097】また、請求項3の発明によれば、第1の充放電回路は、一方端が電源に接続され、他方端が圧電体の一方端に接続されてなる第1のスイッチ手段と、一方端が圧電体の他方端に接続され、他方端が接地されてなる第2のスイッチ手段とを備え、第2の充放電回路は、一方端が電源に接続され、他方端が圧電体の他方端に接続されてなる第3のスイッチ手段と、一方端が圧電体の一方端に接続され、他方端が接地されてなる第4のスイッチ手段とを備えているので、駆動回路が少ない回路素子で構成され、圧電アクチュエータの小型化が促進される。

【0098】また、請求項4の発明によれば、第1の駆動手段は圧電体に分極方向と同方向に充電する充電回路からなり、第2の駆動手段は圧電体に蓄積された電荷を放電する放電回路からなっているので、充電時にだけ電力が消費されることになり、電力消費を効果的に抑制することができる。

【0099】また、請求項5の発明によれば、充電回路は、一方端が電源に接続され、他方端が圧電体の一方端に接続されてなる第1のスイッチ手段を備え、放電回路は、一方端が圧電体の一方端に接続され、他方端が接地されてなる第2のスイッチ手段を備えているので、駆動回路が少ない回路素子で構成され、圧電アクチュエータの小型化が促進される。

【0100】また、請求項6の発明によれば、設定変更手段は、駆動周期が一定となるように第1の駆動時間及び第2の駆動時間を変更するものであるため、被駆動部材の移動速度を円滑に調整することができる。

【0101】また、請求項7の発明によれば、設定変更手段は、第1の駆動時間又は第2の駆動時間を変更することにより駆動周期を変更するものであるため、被駆動部材の移動速度を円滑に調整することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係る圧電アクチュエータの構成を概略的に示すブロック図である。

【図2】図1に示す圧電アクチュエータの駆動部の構成例を示す斜視図である。

【図3】図1に示す圧電アクチュエータの被駆動部材の構成例を示す断面図である。

【図4】図1に示す圧電アクチュエータの駆動回路の構

10

20

30

40

50

成例を示す図である。

【図5】図4に示す駆動回路における駆動パルス発生回路の構成例を示すブロック図である。

【図6】図5に示す駆動パルス発生回路の動作を説明するための波形図である。

【図7】図5に示す駆動回路における駆動パルスと、各スイッチ素子のON/OFF状態と、圧電部材に印加される充放電電圧の波形とを示す図である。

【図8】充放電速度が略同一で、充放電時間のデューティ比のみが異なる駆動電圧を圧電部材に印加したときの圧電部材及び被駆動部材の変異の過渡応答を示す図である。

【図9】充放電速度が略同一で、充電時間が放電時間よりも長いデューティ比を有する駆動電圧を圧電部材に印加したときの被駆動部材の移動状態を説明するための図である。

【図10】圧電部材に対する充電時間と駆動周期との関係を示す図である。

【図11】圧電部材に対する充電時間と被駆動部材の移動速度との関係を示す図である。

【図12】図1に示す圧電アクチュエータの動作を説明するためのフローチャートである。

【図13】図1に示す圧電アクチュエータの動作を説明するためのフローチャートである。

【図14】図4に示す駆動回路の変形例を示す図である。

【図15】図14に示す駆動回路における駆動パルスと、各スイッチ素子のON/OFF状態と、圧電部材に印加される充放電電圧の波形とを示す図である。

【図16】図4に示す駆動回路の他の構成例を示す図である。

【図17】図16に示す駆動回路における各スイッチ素子のON/OFF状態と、圧電部材に印加される充放電電圧の波形とを示す図である。

【図18】図16に示す駆動回路の変形例を示す図であ

る。

【図19】図18に示す駆動回路における各スイッチ素子のON/OFF状態と、圧電部材に印加される充放電電圧の波形とを示す図である。

【図20】従来のインパクト型の圧電アクチュエータの概略構成を示す図である。

【図21】図20に示す圧電アクチュエータの駆動回路の低速充電回路に適用される第1の回路例である。

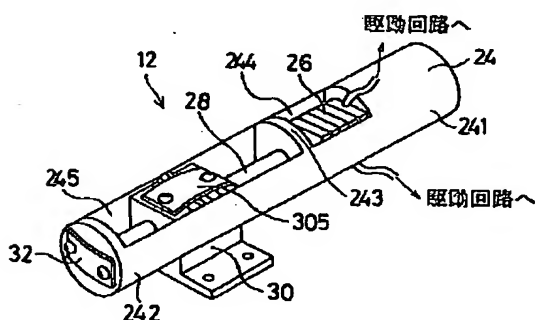
【図22】図20に示す圧電アクチュエータの駆動回路の低速充電回路に適用される第2の回路例である。

【図23】図20に示す圧電アクチュエータの駆動回路の低速放電回路に適用される回路例である。

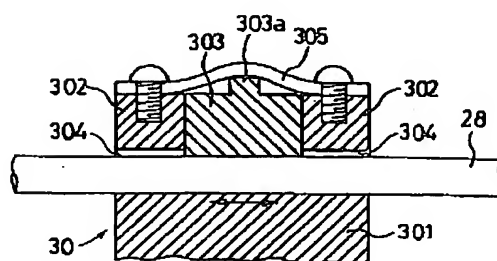
【符号の説明】

- 10 圧電アクチュエータ
- 12 駆動部
- 14 駆動回路
- 16 部材センサ
- 18 基端センサ
- 20 先端センサ
- 22 制御部（駆動制御手段）
- 24 支持部材
- 26 圧電部材（圧電体）
- 28 駆動部材
- 30 被駆動部材
- 159 設定変更手段
- 141 第1スイッチ回路（第1の駆動手段）
- 142 第2スイッチ回路（第2の駆動手段）
- 143 第3スイッチ回路（第2の駆動手段）
- 144 第4スイッチ回路（第1の駆動手段）
- Q1, Q5 スイッチ素子（第1のスイッチ手段）
- Q2 スイッチ素子（第3のスイッチ手段）
- Q3 スイッチ素子（第4のスイッチ手段）
- Q4, Q6 スイッチ素子（第2のスイッチ手段）
- PS 駆動電源

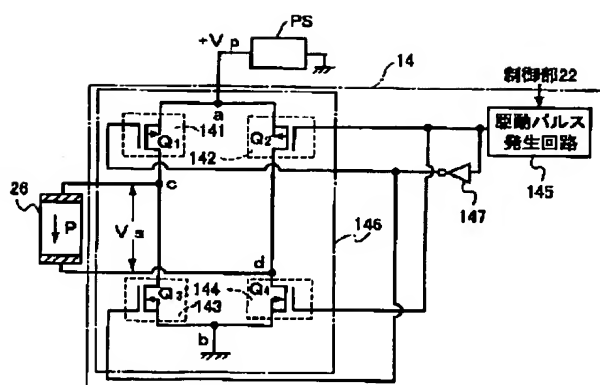
【図2】



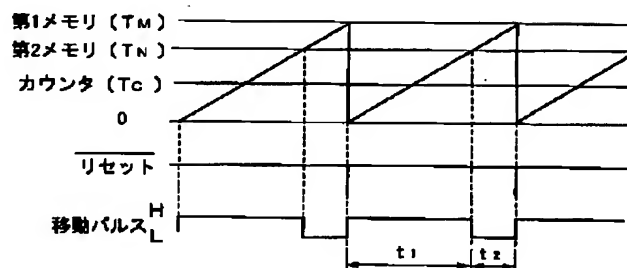
【図3】



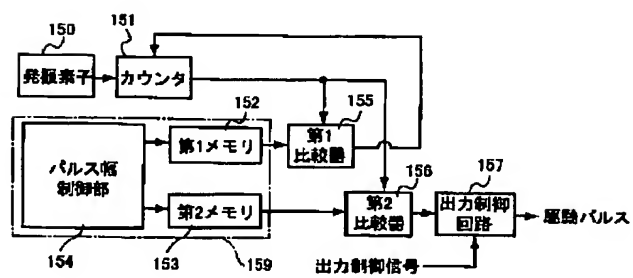
【図 4】



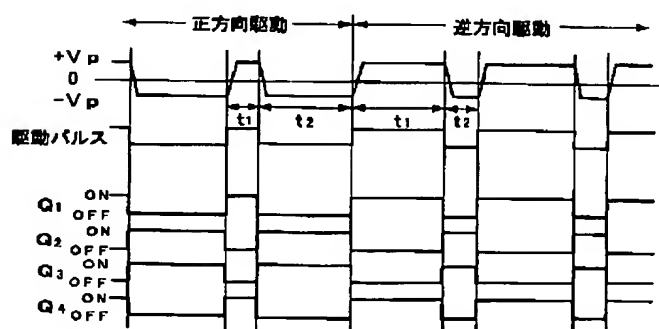
【図 6】



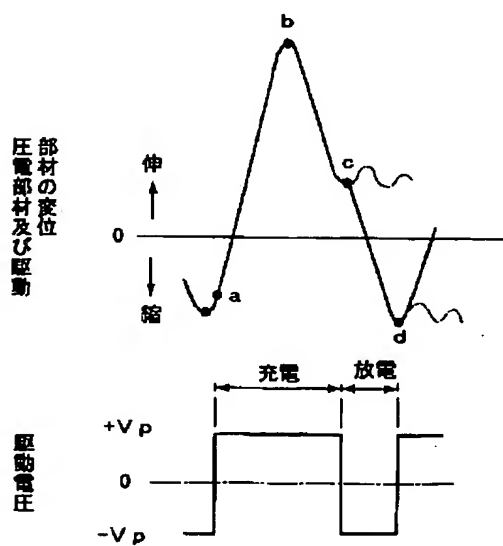
【図5】



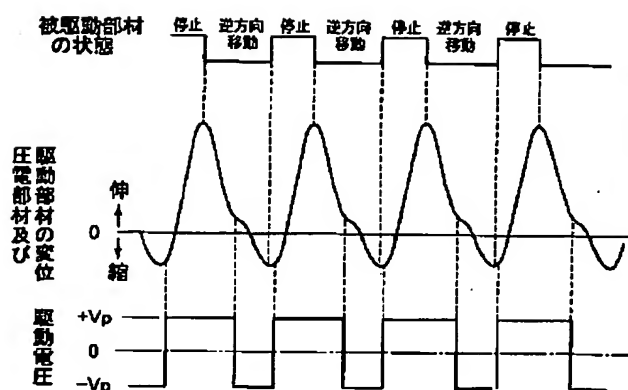
【图 7】



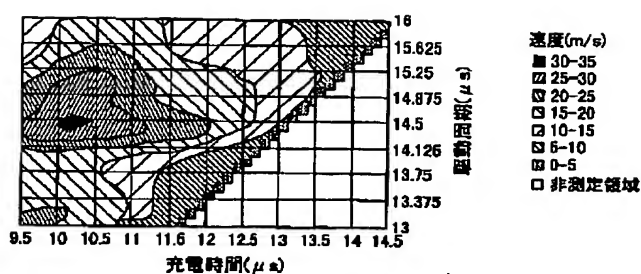
【図 8】



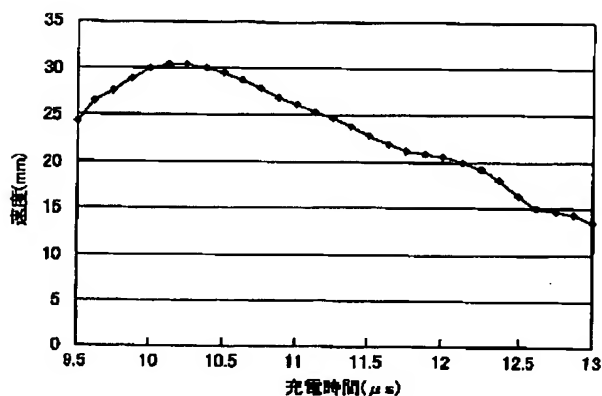
【図9】



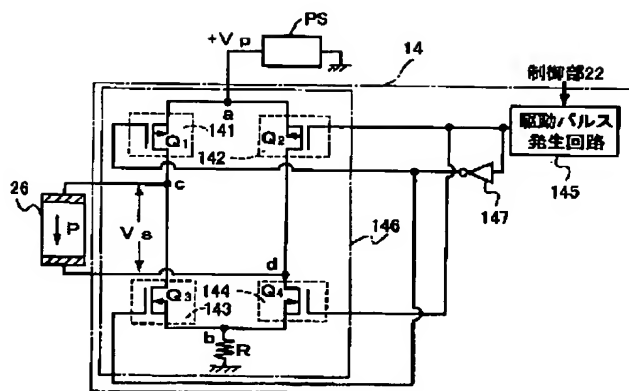
【図10】



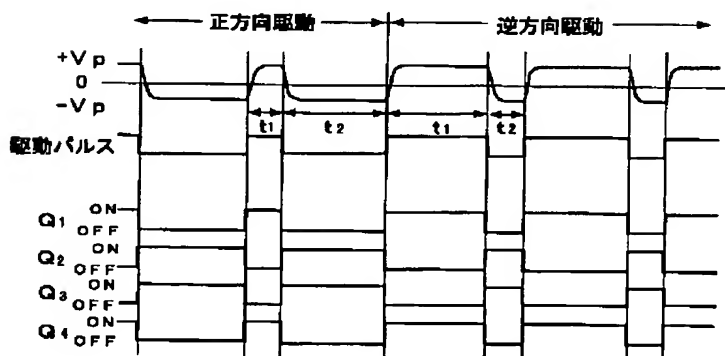
【図11】



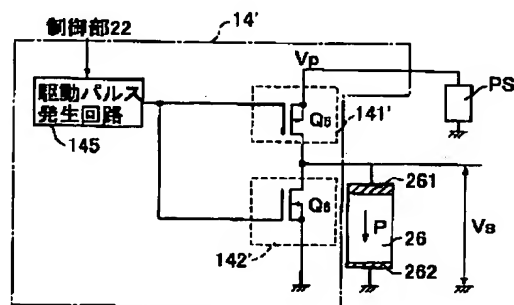
【図14】



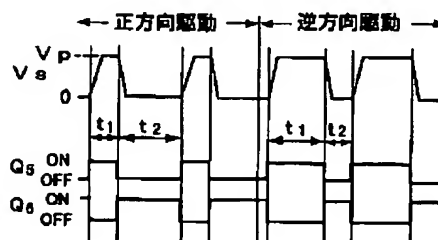
【図15】



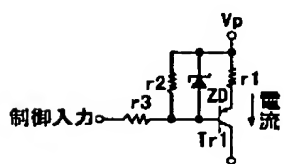
【図16】



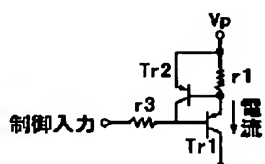
【図17】



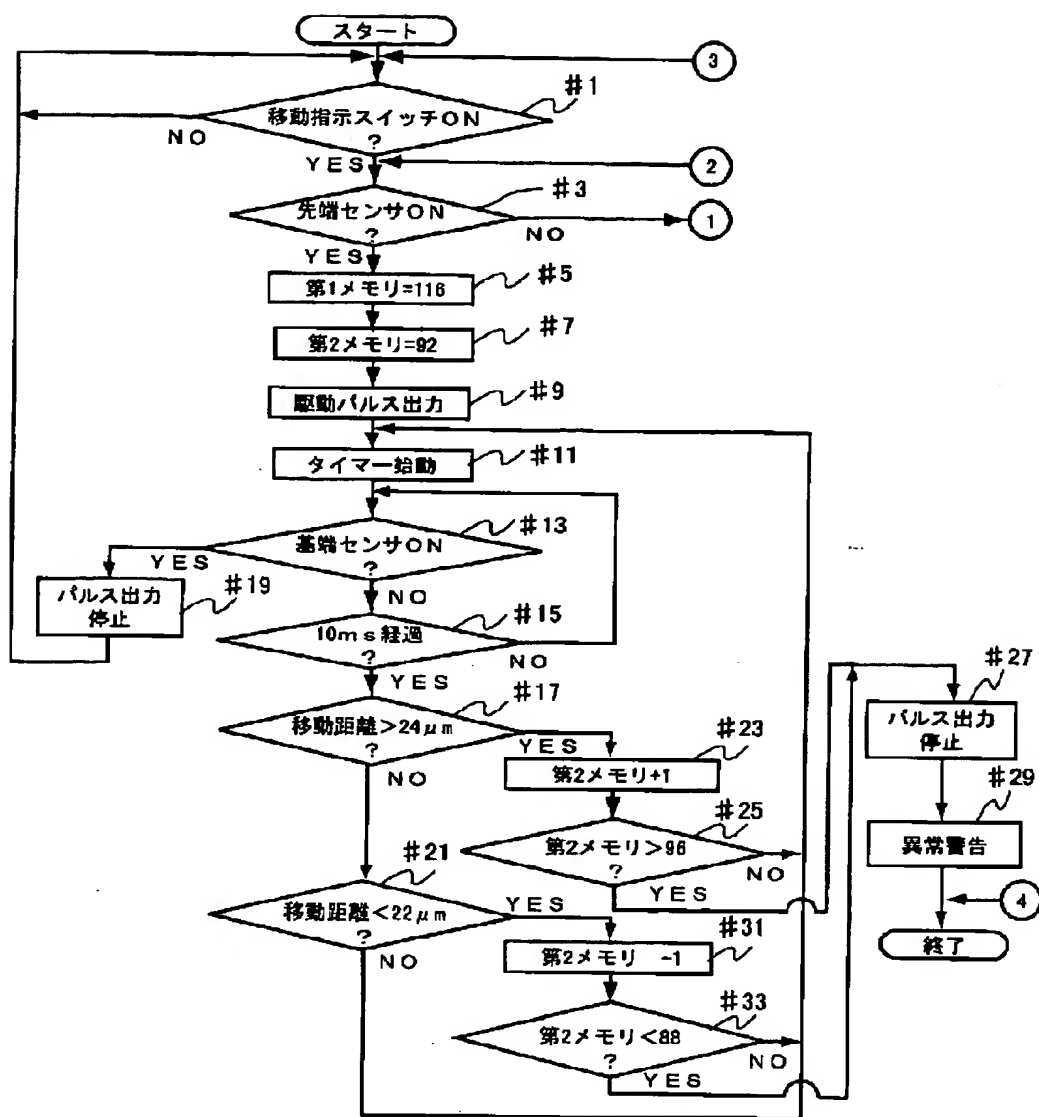
【図21】



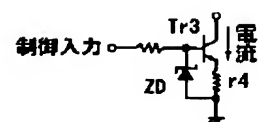
【図22】



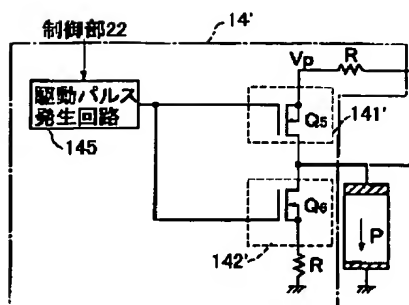
【図12】



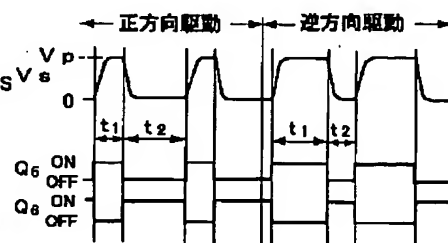
【図23】



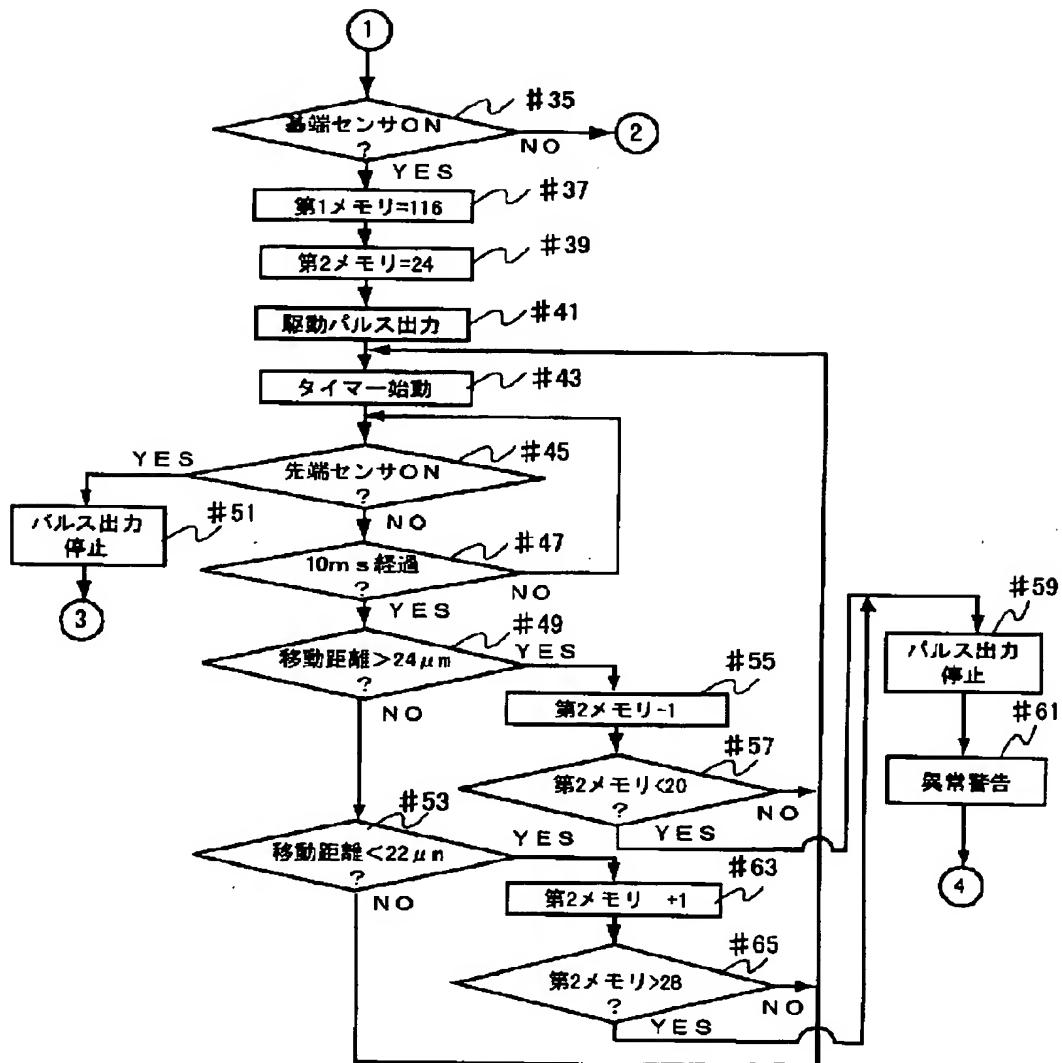
【図18】



【図19】



【図13】



【図20】

